

ものづくりのための企業内教育（職場内教育） ーパワーエレクトロニクスー

水口拓弥* (株式会社アルトナー), 和田礼(株式会社アルトナー), 畑田研二(株式会社アルトナー),
出雲宏行(株式会社アルトナー), 田中武(広島工業大学),

Corporate Education for manufacturing (On-the-job training) - Power Electronics

Takuya Mizuguchi*, Rei Wada, Kennji Hatada, Hiroyuki Izumo, (Artner Co,Ltd)
Takeshi Tanaka, (Hiroshima Institute of Technology)

Artner Co, Ltd is currently depending on a variety of outsourcing system has been implemented as a high degree of technical assistance for completed of projects. “Making things” from it captures the essence of the whole until it has been customary in the design stage to construction stage of “making things” outside the conventional narrow range of preconceived ideas for the designers and the manufacturing. By the global financial crisis caused by bankruptcy of Lehman Brothers in September 2008, a great reform such as an increase in the level of clients' demand for engineers was provided in engineering outsourcing business which had been growing steadily until the time. In this study, we report the progress and summary for V-shaped education using the corporate education of Artner Co, Ltd.

キーワード：ものづくり，企業内教育，技術者派遣，リーマンショック，パワーエレクトロニクス，インバータ，回路設計

Keywords：Manufacturing, Corporate Education, Technician Dispatch, Bankruptcy of Lehman Brothers, Power Electronics, Inverter, Circuit Design

1. はじめに

2008年9月15日アメリカの投資銀行であるリーマン・ブラザーズの破綻をきっかけに発生した世界同時不況は，世界的な消費の落ち込みや円高の影響により，日本の輸出産業に多大なダメージを与えた。

機械設計開発，電気・電子設計開発，および，ソフトウェア開発の3分野で技術支援を事業として営む株式会社アルトナー⁽¹⁾が属する常用型の技術者派遣サービス業界では，縮小傾向にある一般労働者派遣業界からの新規参入や，顧客となる製造業の技術者に対する要求レベルの高度化もあり，競争が激しくなっている。

株式会社アルトナーでは，顧客である製造業の情勢変化やニーズの変化に対応してきたが，現在の顧客ニーズの流れは，「若手即戦力技術者」である⁽²⁾。

理工系の大学・大学院を卒業した若手技術者たちは新入社員研修を履修した後に顧客で業務を開始する。しかし，現実として配属後すぐに製品の設計・開発工程の上流工程（設計）に対応できるわけではなく，下流工程（評価）を

経験しながら，徐々に上流工程（設計）に移行していくのが基本的な流れである。技術者派遣サービスを営む会社としては，この移行期間を短縮できる教育カリキュラムを構築，教育することで，同業他社と差別化ができて会社の競争力がアップする。

これらの背景において，特に新入社員研修を修了し，評価業務に配属した若手技術員を対象に早期に上流工程（設計）に対応できるレベルに育成する為の教育カリキュラムを立案，教育を行った。テーマは省エネルギー，ハイブリッド自動車など，近年特に需要の旺盛な「パワーエレクトロニクス」分野に焦点を絞っている。

今回は，立案した教育カリキュラムの概要と教育成果について発表する。

2. 教育カリキュラムの構築

〈2・1〉 **教育テーマの決定** 教育分野のパワーエレクトロニクス分野は幅広く，省エネルギー，スマートグリッド，ハイブリッド自動車等の注目技術が含まれている。

設計配属までの限られた時間に，パワーエレクトロニクス分野の全ての技術を取得する事は難しい。パワーエレクトロニクス分野でも，特に顧客需要の多いインバータ，そのインバータの中でもハイブリッド電気自動車，エレベータ，電車など身近に利用されイメージの持ち易いモータ制

* 株式会社アルトナー
〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島 3-2-18 住友中之島ビル 2F
Artner Co,Ltd. ,
3-2-18 nakanosima kitaku osakasi , osaka 530-0005

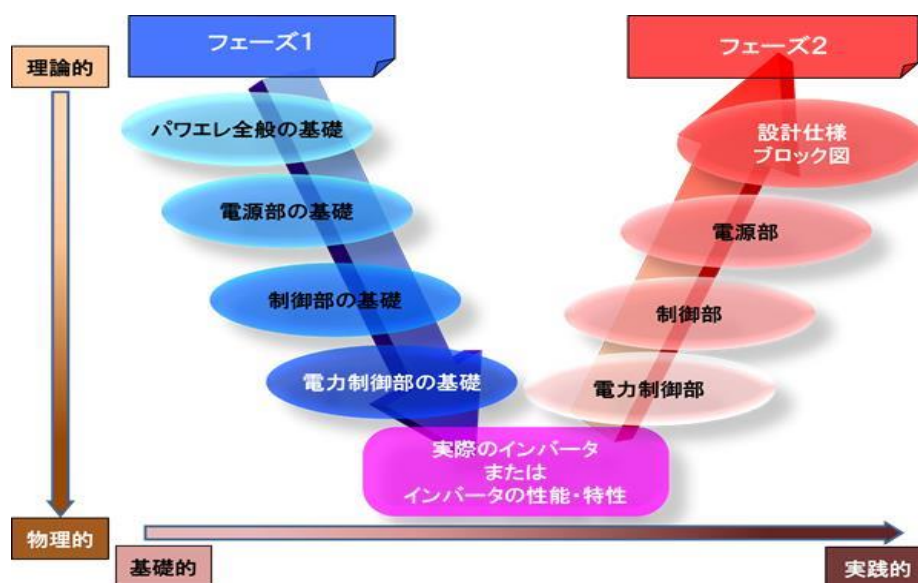


Figure 1. V-shaped education

御用インバータに特化させ教育カリキュラムを作成した。

〈2・2〉 設計業務配属に必要な要件 教育カリキュラムの立案にあたり、教育により到達させるスキル、すなわち設計への配属をするために必要なスキルを明確にする必要があり、技術スキルグレードに対応させた。技術スキルグレードとは、技術員を個々が持つ技術スキルに応じてE1～E5までの5段階で格付けし、各グレードには習得すべき技術スキル指標が設定されている。グレードは顧客から要求される技術力に対する指標でもあり、技術力の増加とともにE1からE5に上がっていく。

若手即戦力として設計業務への配属のためには、E1に設定されている技術スキルを身に付け、E2以上の技術スキルであることが必要である。E1、E2グレードの技術レベル指標に、インバータ設計に必要な技術項目を対応させ、インバータ設計に必要な技術としては以下のように設定した。

(1) 知識 パワーエレクトロニクス分野全般について基本的な知識がある

(2) 設計スキル 基本的なインバータの回路設計が設計でき、市販されているインバータの回路図を見て理解が出来る。

基本知識は幅広いニーズに対応出来るようパワーエレクトロニクス全般を網羅し、設計スキルは早期取得を目指し技術項目を絞り込んで教育を行う。

〈2・3〉 教育の進め方 今までの教育で設計配属に時間がかかる理由として、若手技術者はどのような業務にも対応できるよう様々な知識を広く浅く持つため身に付けた技術を応用できるようになるのに時間が必要である。また、業務で身に付く技術はピンポイントの必要な技術だけになることが多く全体を見通す技術者になるには時間と経験が必要となる。

教育カリキュラムでは、テーマである「インバータ」をさらに機能ごとのブロックに分け、1つ目のブロックの基礎、2つ目のブロックの基礎と進め、基礎を身に付けた後に1つ目のブロックの電気設計、2つ目のブロックの電気設計と段階的にステップ毎に進めた。一見、時間がかかるように見える教育手順であるが1つ目ブロックの基礎を身につけた後、次のブロックに進むので身に付けた基礎知識や設計技術を応用に利用でき、ブロックとブロックの繋がりに気づき、全体を容易に見渡すことができ、結果として大幅な時間短縮の可能性が増大する。

〈2・4〉 インバータの捉え方 インバータを機能ブロックに分け段階的に教育を進めるため以下のように分類した。①電源部、②制御部、③電力制御部

3. V字型教育

これらを基に、若手技術者の早期育成を段階的に行うため、「V字型教育 (V-shaped education)」を立案した (図1参照)。

このV字型教育は上流から下流に進むほど理論 (理論式や現象) から物理的 (インバータ) になり、左側から右側に進むほど基礎から実践的な内容に推移していく教育カリキュラムである。また、基礎知識教育と電気設計などの応用教育をフェーズに区分けし段階的な教育を行った。

〈3・1〉 フェーズ1基礎教育 フェーズ1は資料を用いて基礎を学ぶフェーズと位置付けた。

技術スキルグレードで明確にしたインバータ設計に必要なスキルに基づき、パワーエレクトロニクス分野全般、インバータの電源部、制御部、電力制御部と段階的に基礎教育を行う。基礎の内容としてはパワーエレクトロニクスとは何かから始まり、各機能における基礎技術や理論、制御

方法や基本部品まで教育を行った。

教育に用いる資料は若手技術者に担当項目を与え自らが作成を行う。そして、各自が作成した資料は他の担当者を対象にプレゼンテーションを行う。プレゼンテーションを行うことにより資料内容の向上が図られると共に、他者が理解できる資料の作り方、表現の方法など見る人を意識した資料が作成された。

〈3・2〉 フェーズ2 応用教育 フェーズ2は、フェーズ1で得た基礎知識を基に、実際にインバータの回路図を作成し、設計を行うフェーズと位置付けた。この教育カリキュラムは若手技術者の設計業務への早期配属が目的であるため、応用教育は各機能についての電子回路を中心に教育を行った。

(1) フェーズ2の進め方 幾ら基礎知識が有ろうとも、設計とはどのようなことを行うのかの想像が付いていない状態で電気設計を行うことは難しい。そのような状態で設計を始めても完成した形が不明確では設計時間がかかってしまう。

そこでフェーズ2では実際の設計とは逆の手順となるが、完成したインバータから考えることとした。完成品から仕様や機能を抽出し、出力に近いほうから、それを満足するよう順々に設計を行う。本来の設計とは逆の手順で設計を行うことにより設計すべき事項が絞られ、回路設計自体が想像しやすくなり、次に行うべき事項が明確になる。これにより教育手順の簡略化、設計時間の短縮を行うことが出来た。また、完成品から抽出する仕様をコントロールすることにより各若手技術者に合わせた設計難易度することが可能となった。設計手順は以下の流れである。

- ① 完成品より設計するインバータの仕様を決定
- ② ①の仕様を満足する電力制御部の電子回路を設計
- ③ ②の機能を満足する制御部の電子回路を設計
- ④ ③の機能を満足する電源部の電子回路を設計
- ⑤ ①から④までを満足する設計仕様書を作成

(2) インバータの仕様決定 設計するインバータの仕様は、完成品である市販インバータを参考した仕様にて実施した。市販のインバータから仕様参考にすることにより、インバータとして必要な機能のピックアップ、回路図設計時の回路や使用部品の参考にすることが出来た。また、自身の作成した回路図と市販インバータの回路を比べることにより、自身との技術の差を確認でき製品設計を行うためのスキルを体感することが出来た。仕様として参考としたインバータは次のような製品である。

～簡易・小型インバータ～

入力電圧：三相 200V クラス

出力電圧：三相 200V～240V (50/60Hz)

出力容量・電流：1.0 kVA,

出力電流：2.4A

適用モータ出力：0.4 kW

4. V字型教育の実施

〈4・1〉 フェーズ1 立案した計画に沿い、「パワーエレクトロニクスの基礎」、モータ制御用インバータの「電源部の基礎」「制御部の基礎」「電力制御部の基礎」と段階的にテーマを定め基礎教育を進めた。基礎教育は資料を用いて教育を行った。

また、基礎教育の課程においても知識を資料からだけ得るのではなく、実際のインバータやインバータ基板に触れ、基板動作や波形を確認することが望まれた。

それら実際のインバータを扱うことにより得られる知識を補うためインバータキット「蓄電タワー」を製作した。インバータキットは、モータ制御用インバータとは異なるが、ソーラーパネルなどから得たエネルギーを変換、蓄電し災害時などに AC100V 電源として利用するための装置である。インバータの基礎が網羅されており、実際のインバータの動きを確認することができる。

資料による知識と実際の装置による動作の確認を行うことにより理解のスピードが速くなり教育時間を短縮することができた。また、インバータキットは回路図とサンプルとなる基板をもとに組立てを実施しており、部品の配置と、回路図における部品の接続を確認しながら組み立てを行った。

今回実施したフェーズ1のテーマごとの基礎教育の流れを記す(図2参照)。

この流れを実施することにより、一つ一つの電気理論や部品、電気回路の実際の動作をイメージすることができ、イメージの難しい電気の流れを明確に捉えることができた。

また、電気のイメージを明確にし、進めることにより各テーマの理解度が早まり、基礎の習得時間短縮が見られた。

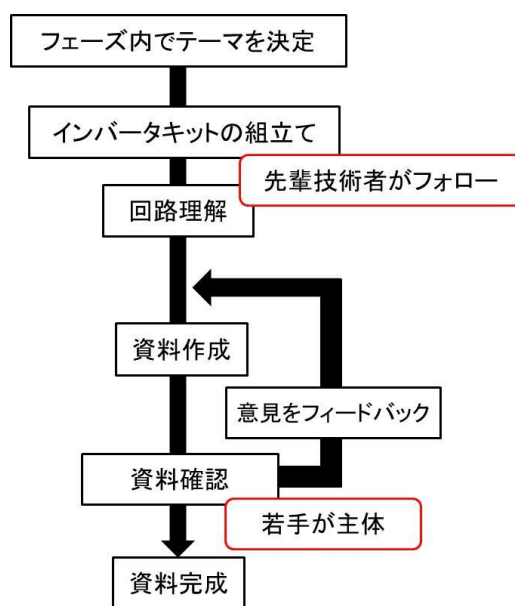


Figure 2. The flow of a documentation
Table 1. The specification

若手技術者A(入社3年目)	
入力電圧	三相 入力200～240V 0.4kW
出力電圧	50～330V(最大は入力電源電圧と同じ)
出力周波数	0.1～400Hz
制御	正弦波PWM制御
	キャリア周波数 2k～16kHzで調整
操作パネル	液晶表示
	スタート、ストップスイッチ
	設定ダイヤル(ロータリースイッチ)
保護機能	過電流
	過電圧
	出力欠相
	非常停止
若手技術者B(入社1年目)	
入力電圧	三相 入力200V 0.4kW
出力電圧	100V、200V
制御	正弦波PWM制御
	キャリア周波数 16kHz固定
操作パネル	7セグLED表示
	スタート、ストップスイッチ
	出力切り替えスイッチ
保護機能	非常停止

〈4・2〉 フェーズ2 若手技術者に設計のイメージを持たせるため本来の設計手順とは逆の手順で教育を行った。

逆手順で設計教育を行うため、まず初めに市販インバータの取扱説明書から仕様を抽出した。

市販の製品を使用することにより、設計の完成形を明確にイメージする効果が得られることが出来た。仕様を抽出すにあたり、取扱説明書の標準仕様や機能説明、標準接続図などからインバータへの入力、インバータからの出力といった仕様を確認し決定した。この最終仕様とは入出力電圧や端子数、駆動させる負荷(モータ)の制御方法、操作スイッチなどのことであり主に出力について決定した。また、市販インバータは分解して内部調査を実施している。分解調査を行い、基板などを参考にすることにより設計の際に悩み時間のかかる部品選定や回路配線決めなどの助けになり設計の際の時間短縮につながった。

仕様の例にある若手技術者Aは入社3年目、若手技術者Bは入社1年目である。(表1参照)

若手技術者Aは、より実践的なスキルを身に付けさせる為、駆動させるモータの速度やトルクが変更できるように出力電圧や周波数が可変できる設定となっており操作パネルや保護機能の設定も実際の製品に近い仕様となっている。一方、若手技術者Bは設計の流れや方法を体験させ身に付けることが目的のため、出力を限定して切り替えスイッチにより数パターン選択させる設定としている。操作パネルや保護機能に関しても、液晶パネルを7セグLEDに変更、保護機能も非常停止のみとするなど機能を限定した。このように、仕様の内容を若手技術者ごとに変更することにより、その若手技術者にあった設計難易度に調整することができた。実際に、電力制御部の回路設計が終了したら電力制御部が動作するような基板制御部を設計するという

ように進めるために、その時に回路設計を行っている部分に集中させることができ教育時間が短縮している。

フェーズ2全体の流れを図に記す(図3参照)。

フェーズ2により設計方法や流れの理解、最終的な製品や使用状況をイメージして設計する必要性について教育することが出来た。

〈4・3〉 その他の教育 フェーズ1、フェーズ2とV字型教育カリキュラムによりインバータの回路設計が可能になった。即戦力技術者となるために必要な知識は回路設計の知識だけではなく、環境に対する考慮、品質の向上や故障解析、危険を見つけ対処できることがあげられ、それらについての教育も行った。

(1) リスクアセスメント抽出訓練・危険予知訓練

どの企業においても最優先と考えられている安全。労働安全衛生法により労働災害防止のために事業者が講ずべき措置義務が定められてはいるが、これは最低限の基準であり安全対策としては万全とは言い難い。多種多様に行われている作業の実態や特性を的確にとらえた安全衛生対策が求められている。また、回路設計においてもリスクとなりうる事象を設計の段階で察知し対策を行うことが必要である。これらの状況を考えると若手即戦力技術者には初めて携わる職場や業務においてもリスクを見つけ対策できることが求められている。それらのリスク対策を提案できる力を身に付けるために、リスクアセスメント抽出訓練および危険予知訓練を行った。抽出訓練は業務で使用している試験設備に行い、普段使用する試験設備に潜む危険を知り、安全対策を行った結果を体感することができた。

また、この訓練には若手技術者だけでなく、中堅技術者、管理者も参加している。中堅技術者や管理者の参加により若手技術者が危険箇所と認識しなかった箇所への指摘ができ、どのような環境でもリスクを見つけることができる幅広い考え方を示し、それらを若手技術者に身に付けさせた。

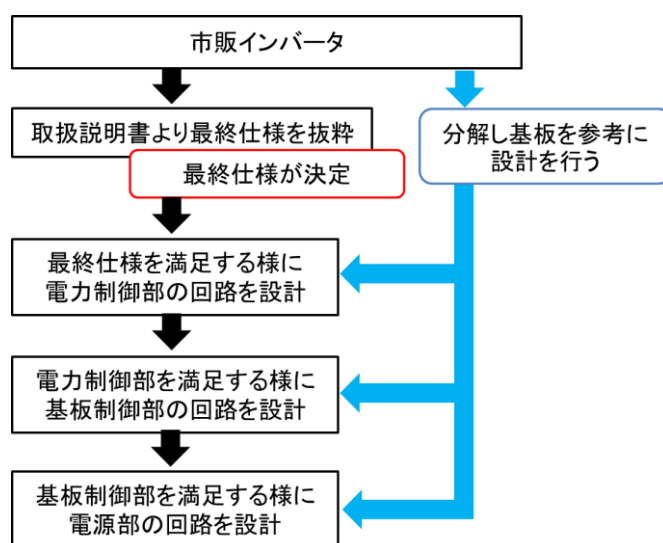


Figure 3. The flow of the phase 2

(2) 品質管理手法 回路設計だけでなく製品を作るにあたり、事前に起こりうる不具合を予測して対策をしておく、発生した不具合に対しては原因を究明し不具合の発生した要因自体を取り除くなど、FMEA/FTAやシックスシグマなどに代表される手法を用いて品質向上に努めることが求められた。

勉強会や業務を通じての OJT 教育を実施することにより若手技術者に品質管理手法の方法と進め方を身に付けさせることができた。

(3) 環境対応 地球温暖化や空気汚染など様々な環境問題が言われるなか、企業においても環境対応した製品が必要になっている。

若手技術者へは勉強会の開催や専門書を用いるなどして、どのようなことへ対応する必要があるのか、今何を求められているのか教育を行った。

5. 教育の成果

若手即戦力技術者の早期教育を目的に V 字型カリキュラムを立案し教育を実施したことにより、若手技術者の早期スキルアップが確認でき、設計部署へ配属可能なレベルへ教育することができた。

現在、教育対象者 6 名は全員評価専任業務から設計、開発に携わる部署へ配属がなされ各自が活躍している。

配属客先へ配属した若手技術者の状況を確認しても、「しっかりと要望に答えている」「頑張ってくれている」「自己研鑽が見られる」などの顧客より良い返答が多く得られ、V 字型教育の目的であった設計スキルの習得と設計部署への早期配属は達成できた。

また、配属客先の評価や配属結果だけではなく、仕事の単価にも教育の成果が反映されている。

単価とは弊社のような常用型の技術者派遣サービス会社が顧客と結ぶ契約業務単価のことであり、若手技術者のスキルが直接評価され反映した結果とも言える。表 2 は教育対象者の単価増加率、図 4 は単価増加率の全社平均と教育対象者の比較である。(図 4 参照)(表 2 参照)

表 2 の単価増加率は教育前後を比較したものである。24 歳～26 歳と年齢の若い技術者は約 110%，28 歳の技術者は 102%となっている。教育前後の時系列に合わせた全社の平均増加率が約 105%なので、年齢の若い技術者は 5%以上多く、教育により大きな成果が得られている。しかし、28 歳の技術者は全社平均よりも低い単価増加率となる。V 字型教育カリキュラム目的が、若手技術者の早期設計対応出来るよう設計へ配属可能となるレベルへスキルアップさせることであるため、客先配属経験が有る技術者は既に設計配属可能なレベルに近いスキルを持ち合わせており、V 字型教育カリキュラムによるスキルアップの効果が小さかったことが原因と考えられる。

一方、配属経験の無い若手技術者は目標とするレベルと教育前のスキルの差異が大きいため、教育の成果も大きくなったと考えられる。

Table 2. Result

教育対象者 6名				
人員	年齢	配属部署	単価増加率	教育前の配属経験
若手技術者A	26	設計・評価	109%	○
若手技術者B	28	設計	102%	○
若手技術者C	24	開発・評価	117%	×
若手技術者D	26	開発・評価	111%	×
若手技術者E	26	開発・評価	111%	×
若手技術者F	26	開発・評価	111%	×

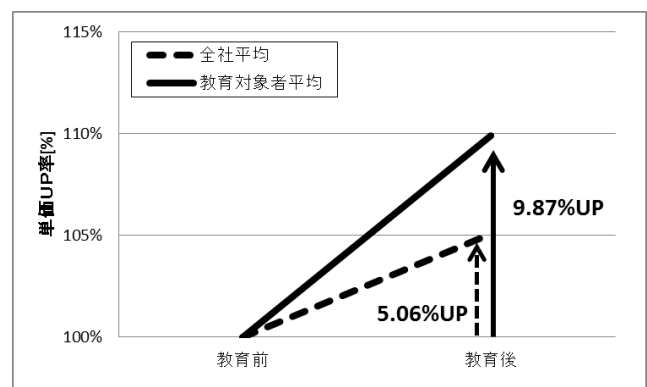


Figure 4. Result (a unit price)

技術スキルグレードの項目と照し合せても、年齢の若い技術者は E1 指標スキルを全て習得、E2 に関して個人差はあるものの概ね習得することが出来ている。ただし、こちらも単価同様に教育前に客先配属経験のある技術者に関しては教育前より E1 指標スキルは習得しており、教育後に習得項目が大きく増えなかった。

以上の結果を見ると、今回の V 字型教育カリキュラムは経験の少ない若手技術者には十分な効果が得られた。配属経験のある若手技術者に対しては、十分な効果が得られなかった。

また、今後の参考とするため V 字型教育終了後に 6 名に対しヒアリングを実施した。ヒアリングの結果としては、「実際の物を見ながらの教育であったため、分かり易かった」「設計の流れが理解できた」など良い意見が多かった。しかし、「業務が忙しく教育課題まで手が回らない時があった」、「ペアの人と時間があわずに時間の調整が大変であった」、「既に習得している内容も多くあった」など今後の課題となる意見もあった。ヒアリングの内容をまとめた結果は以下になっている。(表 3 参照)

V 字型教育の内容としては良いという意見が大半であった。これは、若手技術者自身も必要を感じている内容であり、スキルアップを実感できたためである。

しかし、教育を行う時間や自主学習の量としては「悪い」、「少し悪い」という意見が多くでた。これは各自が業務を行いながら V 字型教育を進めているため、自宅での勉強が必要となるとともに、半田付けの教育を行う際などは纏った時間を得るために定時時間後や休日に実施したためと考えられる。

Table 3. Hearing result

質問項目	回答項目	人数
V字型教育の内容	良い	3
	概ね良い	3
	少し悪い	1
	悪い	0
教育を行う 時間・日程	良い	1
	概ね良い	2
	少し悪い	3
	悪い	1
自主学習の量	良い	1
	概ね良い	3
	少し悪い	3
	悪い	0

6. まとめ

若手技術者の早期教育を目指し行ってきた教育カリキュラムの教育行い、以下の成果をあげることが出来た。

- ①若手技術者の設計部署への早期配属
- ②設計配属レベルへのスキルアップ
- ③同年代の技術者に比べ、高い単価の獲得

また、顧客からの高評価も得ることができ、教育カリキュラムの立上げとしては満足する結果となった。

しかし、同時に今後の課題となる部分も見えている。

- ① 若手技術者の経験や年齢に対応した教育カリキュラム内容の変更
- ② 業務の繁忙による教育時間の増減への対応
また、自主学習量の調整
- ③ 共同で実施する人員の教育時間の調整
- ④ 定時時間後や休日での教育
- ⑤ 教育カリキュラムの汎用性
(インバータ以外への対応)

- ⑥ ヒューマンスキル向上のためのカリキュラム確立

特に配属経験の有る若手技術者への大きなスキルアップ成果があまり見られなかったことを考えると、①の経験や年齢に教育カリキュラムを対応させることは重要であり急務である。また、ヒアリングで多く聞かれた、教育の時間が作れないことや、休日での対応についても教育カリキュラム内容を細かく区切り短い時間でも進められるようにするなどの改善が必要である。

その他にもインバータに特化した教育カリキュラムを別のテーマでも対応できるようにする、技術面だけでなくヒューマンスキルの向上が見込める内容をカリキュラムの項目として入れ込むなども求められる項目である。

これらの課題はV字型教育カリキュラムだけでなく、若手技術者の早期教育を目指す弊社にとって大きな課題となっており、今回培った内容を展開していくことも必要であ

る。

配属された若手を「どのように教育するか」という課題から始まったV字型教育カリキュラムも、立案から成果確認までと一通り実施することができた。

今後改善すべき課題も散見し、継続した改善が求められている。

また、若手技術者の考え方や行動は毎年変化しており、決められた方法だけではなく時代にあった教育方法を柔軟に対応していくことも必要と考える。

しかし、時代や人がどのように変化しても土台となる人間性（ヒューマンスキル）を育てることが最も重要であることには変わりはない。

これからも「人をつくる」教育を中心とした教育方針を守り教育に勤しんでいく所存である。

文 献

- (1) 出雲宏行・水口拓弥・和田礼・畑田研二・田中武：「ものづくりのための企業内教育―リーマンショック後の研修体制―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-12-023, pp.21-26,(2012)
- (2) 出雲宏行・和田礼・田中武：「ものづくりのための企業内教育（半導体関連）―教材作成―」，電気学会電子回路研究会資料，ECT-10-010, pp.51-55(2010)
- (3) 水口拓弥・和田礼・畑田研二・出雲宏行・田中武：「ものづくりのための企業内教育（職場教育）―パワーエレクトロニクス―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-13-013, pp.63-68,(2013)
- (4) 水口拓弥・和田礼・畑田研二・出雲宏行・田中武：「ものづくりのための企業内教育（職場教育）―パワーエレクトロニクス教育の実施―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-13-038,pp.67-72, (2013)
- (5) 水口拓弥・和田礼・畑田研二・出雲宏行・田中武：「ものづくりのための企業内教育（職場教育）―パワーエレクトロニクス教育の成果―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-14-017, pp.85-89, (2014)